

PCT

WELTOORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro



INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 7 : H04R 25/00		A2	(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 00/25550
			(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 4. Mai 2000 (04.05.00)
(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/AT99/00253		(81) Bestimmungsstaaten: AE, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CN, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LS, LT, LU, LV, MD, MG, MK, MN, MW, MX, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO Patent (GH, GM, KE, LS, MW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OAPI Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).	
(22) Internationales Anmelde datum: 20. Oktober 1999 (20.10.99)		Veröffentlicht <i>Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.</i>	
(30) Prioritätsdaten: A 1787/98 23. Oktober 1998 (23.10.98) AT			
(71)(72) Anmelder und Erfinder: VUJANIC, Aleksandar [AT/AT]; Klosterneuburgerstrasse 102/6, A-1200 Wien (AT). PAVELKA, Robert [AT/AT]; Grünbeckgasse 15, A-2700 Wiener Neustadt (AT). DETTER, Helmut [AT/AT]; Beethovengasse 12, A-2544 Leobersdorf (AT). TOMIC, Milos [YU/YU]; Brace Smic 13/15, YU-11000 Belgrad (YU).			
(74) Anwalt: HAFFNER, Thomas, M.; Schottengasse 3a, A-1014 Wien (AT).			
(54) Titel: IMPLANTABLE SOUND RECEPTOR FOR HEARING AIDS			
(54) Bezeichnung: IMPLANTIERBARER SCHALLREZEPOTOR FÜR HÖRHILFEN			
(57) Abstract			
<p>The invention relates to an implantable sound receptor for hearing aids in which the sound sensor is configured as an optical sensor (5) and is arranged in the ear at a distance from the surface of a part (3) of the sound transmission, said part being excited by acoustic vibrations.</p>			
(57) Zusammenfassung			
<p>Bei einem implantierbaren Schallrezeptor für Hörhilfen ist der Schallsensor als optischer Sensor (5) ausgebildet und in Abstand von der Oberfläche eines zu akustischen Schwingungen anregbaren Teiles (3) der Schallübertragung im Ohr angeordnet.</p>			

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AL	Albanien	ES	Spanien	LS	Lesotho	SI	Slowenien
AM	Armenien	FI	Finnland	LT	Litauen	SK	Slowakei
AT	Österreich	FR	Frankreich	LU	Luxemburg	SN	Senegal
AU	Australien	GA	Gabun	LV	Lettland	SZ	Swasiland
AZ	Aserbaidschan	GB	Vereinigtes Königreich	MC	Monaco	TD	Tschad
BA	Bosnien-Herzegowina	GE	Georgien	MD	Republik Moldau	TG	Togo
BB	Barbados	GH	Ghana	MG	Madagaskar	TJ	Tadschikistan
BE	Belgien	GN	Guinea	MK	Die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien	TM	Turkmenistan
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	ML	Mali	TR	Türkei
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	MN	Mongolei	TT	Trinidad und Tobago
BJ	Benin	IE	Irland	MR	Mauritanien	UA	Ukraine
BR	Brasilien	IL	Israel	MW	Malawi	UG	Uganda
BY	Belarus	IS	Island	MX	Mexiko	US	Vereinigte Staaten von Amerika
CA	Kanada	IT	Italien	NE	Niger	UZ	Usbekistan
CF	Zentralafrikanische Republik	JP	Japan	NL	Niederlande	VN	Vietnam
CG	Kongo	KE	Kenia	NO	Norwegen	YU	Jugoslawien
CH	Schweiz	KG	Kirgisistan	NZ	Neuseeland	ZW	Zimbabwe
CI	Côte d'Ivoire	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	PL	Polen		
CM	Kamerun	KR	Republik Korea	PT	Portugal		
CN	China	KZ	Kasachstan	RO	Rumänien		
CU	Kuba	LC	St. Lucia	RU	Russische Föderation		
CZ	Tschechische Republik	LI	Liechtenstein	SD	Sudan		
DE	Deutschland	LK	Sri Lanka	SE	Schweden		
DK	Dänemark	LR	Liberia	SG	Singapur		

Implantierbarer Schallrezeptor für Hörhilfen

Die Erfindung bezieht sich auf einen implantierbaren Schallrezeptor für Hörhilfen, insbesondere für implantierbare Hörhilfen.

Der überwiegende Teil der bekannten Hörhilfen ist ungeeignet für eine Implantation. Prinzipiell wird bei derartigen Hörhilfen ein Wandler eingesetzt, mit welchem Schallwellen in elektrische Signale umgewandelt werden können. Derartige Wandler sind in Form von Mikrofonen bekannt und bedürfen einer entsprechenden Membran, deren Schwingung in elektrische Signale umgesetzt werden kann. Für die Empfindlichkeit derartiger Mikrofone ist der Ort der Anbringung und vor allem die Größe der Membran von hoher Bedeutung. Schallschwingungen können von druckempfindlichen Membranen aufgenommen werden, wie dies bei der Konstruktion von Mikrofonen üblich ist, oder aber von Vibrometern erfaßt werden, mit welchen Schwingungen als Beschleunigungssignale oder aber als Dehnungsmeßsignale bei Verformung von schwingenden Bauteilen aufgenommen werden.

In der US-A 5 531 787 werden Accelerometer in Form von piezo-resistiven Vibrationssensoren vorgeschlagen. Alternativ sind kapazitive Beschleunigungssensoren für die Abtastung von Schall- schwingungen bekannt. Derartige miniaturisierte Sensoren wurden bereits für die Implantation im Bereich des Mittelohres vorgeschlagen, wobei akustische Druckwellen, welche im Bereich des Mittelohres entstehen, in Form von mechanischen Vibrationen abgetastet werden. Prinzipiell sind derartige Mikrofonkonstruktionen aber relativ unempfindlich, da eine exakte Abstimmung auf die akustische Impedanz zwischen Sensor und der Paukenhöhle des Mittelohres nicht ohne weiteres erzielt werden kann.

Auch andere Literaturstellen, wie beispielsweise die US-A 3 557 775, beschreiben Mikrofone, welche unterhalb der Haut zur Aufnahme von Audiosignalen implantiert werden können, wobei die Übertragung in das Mittelohr erfolgt. Auch derartige Anordnungen

sind im Bezug auf ihre Empfindlichkeit einer Reihe von nicht ohne weiteres kontrollierbaren Fremdeinflüssen wie beispielsweise der Hautdicke und einer unvorhersehbaren Narben- und Granulationsgewebsbildung bei der Einheilung unterworfen, sodaß die 5 Empfindlichkeit bei den für das Hören wichtigen Frequenzen unterschiedlich und unkontrollierbar gedämpft ist.

Prinzipiell werden Töne, welche gehört werden, durch Schallwellen hervorgerufen, wobei mit steigender Frequenz die Tonhöhe 10 und mit steigender Amplitude die Lautstärke zunimmt. Neben Tönen und Klängen, welche Tongemische darstellen, entstehen auch eine Vielzahl von nicht regelmäßig zusammenklingenden Tönen verschiedener Frequenz und Höhe, welche als Geräusche wahrgenommen werden. Beim natürlichen Gehörvorgang werden die Schallwellen 15 wahrgenommen, die von der Ohrmuschel zum äußeren Gehörgang geleitet werden und das Trommelfell in Schwingung versetzen. Mit dem Trommelfell ist der Hammerstiel verwachsen, wobei die weitere Übertragung über die Gehörknöchelchen durch die Steigbügelpalte auf die perilymphatische Flüssigkeit erfolgt, die das 20 Cortische Organ in Schwingungen versetzt. Durch die Erregung der Haarzellen im Cortischen Organ werden Nervenimpulse erzeugt, die der Hörnerv in das Gehirn leitet, wo sie bewußt wahrgenommen werden.

25 Das Trommelfell fungiert hierbei als Druckempfänger und weist einen Durchmesser von etwa 1 cm auf. Wenn für die Aufnahme von Schallwellen Mikrofone mit derartig großen Membranen eingesetzt werden sollen, eignen sich derartige Mikrofone kaum für eine 30 Implantation, da der dafür erforderliche Platz im Bereich des Ohres nicht zur Verfügung steht.

Hörschwächen können auf unterschiedliche Ursachen zurück geführt werden. Bei einem erheblichen Teil von Hörstörungen ist der mechanische Teil der Schwingungsübertragung vom Trommelfell über 35 die Gehörknöchelchen auf die Flüssigkeit in der Vorhoftreppe intakt. Daher wurde bereits vorgeschlagen, Schwingungsaufnehmer unmittelbar mit der Membran oder den Gehörknöchelchen zu ver-

binden, um die, durch den Schall hervorgerufenen Schwingungen entsprechend in elektrische Signale umzusetzen und zu verstärken. Nachteilig bei derartigen Eingriffen ist zum Einen der relativ hohe operative Aufwand für die Anordnung derartiger Sensoren und zum Anderen der Umstand, daß jede mechanische Beeinflussung von schwingenden Teilen, und insbesondere die Dämpfung derartiger schwingender Teile, das Schwingungsverhalten der Teile empfindlich beeinflußt, sodaß auch hier korrekte Signale, wie sie beim natürlichen Hörvorgang gebildet werden, nicht erhalten werden. Prinzipiell führt die Miniaturisierung von Mikrofonen zu einer Verringerung der Empfindlichkeit, wobei dies nicht zuletzt auf die fehlende Abstimmung der akustischen Impedanz zwischen Mikrofon und der Umgebungsluft zurückzuführen ist. Selbst wenn dieser Effekt durch Implantation des Mikrofons unter der Haut verbessert werden kann, führt dies zu einer Veränderung des abtastbaren Frequenzbereiches, wobei insbesondere höhere Frequenzen stärker gedämpft werden. Auch andere mechanische Schallwellenrezeptoren, wie beispielsweise mit Fluid gefüllte Röhrchen, führen zu einer auf die Viskosität des verwendeten Fluids zurückzuführende Dämpfung, wobei starre Akustikkuppler für eine Implantation generell ungeeignet sind.

Die Erfindung zielt nun darauf ab, einen kleinbauenden implantierbaren Schallrezeptor zu schaffen, bei welchem die Nachteile der bekannten Schallrezeptoren vermieden werden und die akustische Empfindlichkeit über den gesamten für das Hören wesentlichen Frequenzbereich von etwa 100 Hz bis über 10 kHz auf gleichbleibend hohem Niveau gehalten werden kann. Die Erfindung zielt weiters darauf ab, die Baumaße so klein zu halten, daß die Implantation im Mittelohr und/oder in der benachbarten Mastoidhöhle möglich ist. Der operative Eingriff soll hierbei bevorzugt reversibel sein, wobei bei Funktionsausfall des Schallrezeptors keine wesentliche Verschlechterung des vorbestehenden Gehörs eintreten soll. Einschränkend kann allerdings in Abhängigkeit vom verwendeten Aktor und dessen Angriffspunkt eine operative Unterbrechung der Schalleitungskette zur Vermeidung von Rückkopplungen erforderlich sein. Neben diesen Vorgaben für einen

implantierbaren Schallrezeptor soll naturgemäß auch der Energieverbrauch des Schallrezeptors sowie einer nachfolgenden Auswerteschaltung so gering gehalten werden, daß die Miniaturisierung eine Totalimplantation ermöglicht.

5

Zur Lösung dieser Aufgabe besteht der erfindungsgemäße implantierbare Schallrezeptor für implantierbare Hörhilfen im wesentlichen darin, daß der Schallsensor als optischer Sensor für Vibrations- bzw. Abstandsmessungen ausgebildet ist und in Abstand von der Oberfläche eines zu akustischen Schwingungen anregbaren Teiles der Schallübertragung im Ohr angeordnet ist. Dadurch, daß abweichend von den bisherigen physikalischen Prinzipien von Schallrezeptoren für Hörhilfen eine berührungslose Abtastung durch einen optischen Sensor vorgeschlagen wird, gelingt es tatsächlich diejenigen Schwingungen zu messen, die von dem Trommelfell und den Gehörknöchelchen physiologischerweise übertragen werden. Die berührungslose Ausbildung verhindert hierbei unerwünschte Nebeneffekte einer Bedämpfung derartiger schwingender Gehörknöchelchen bzw. des Trommelfells und erlaubt es die relativ große Schwingungsaufnahmefläche des Trommelfelles ungehindert für die Messung heranzuziehen, sodaß tatsächlich eine weit höhere Empfindlichkeit erzielt werden kann, als dies mit entsprechend kleineren Membranen möglich wäre. Dadurch, daß der optische Sensor in Abstand von der Oberfläche eines zu Schwingungen anregbaren Teiles der Schwingungsübertragung im Ohr angeordnet bzw. anordnbar ist, wird sicher gestellt, daß eine Bedämpfung der Schwingung derartiger zu Schwingungen anregbarer Teile der Schwingungsübertragung mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann und die Verwendung von optischen Sensoren erlaubt die Verwendung überaus kleinbauender Sensoren.

Unter optischen Sensoren sind hierbei Sensoren zu verstehen, welche nicht notwendigerweise sichtbares Licht verwenden. Für optische Sensoren sind elektromagnetische Wellen in einem relativ weiten Frequenzbereich verwendbar, welcher über das Spektrum des sichtbaren Lichtes hinausgeht. Insbesondere können als

5 Sender Laserdioden im infraroten und ultravioletten Bereich der Strahlung ebenso eingesetzt werden, wie im sichtbaren Bereich, solange die zu messende vibrierende Fläche im Bereich der eingesetzten Wellenlänge hinreichend reflektiv ist. Gemessen werden somit mit optischen Sensoren in erster Linie die optischen Parameter der reflektierten Anteile des ausgesendeten Signals, wobei mit Vorteil für die Auswertung der Signale des Schallrezeptors so vorgegangen wird, daß der optische Sensor mit einem Interferometer zur Auswertung der Amplitude, der Frequenz und/oder 10 der relativen Phasenlage der Schwingung des abgetasteten Teiles verbunden ist. Die Verwendung des Interferometerprinzips, für welches verschiedene Bauarten bekannt sind, erlaubt berührungs- frei auch geringe Amplituden natürlicher Schwingungen im Bereich der Gehörknöchelchen sicher zu erfassen. Der zu erfassende Bereich reicht hierbei von Amplituden von 10^{-11} m bis etwa 15 10^{-5} m, wobei höhere Amplituden als etwa 5×10^{-5} m, wie sie bei einer Schalleinstrahlung von etwa 120 dB beobachtet werden können, in der Regel für weitere Messungen nicht in Betracht kommen, da sie bereits geeignet sind, das Innenohr zu schädigen.

20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100 105 110 115 120 125 130 135 140 145 150 155 160 165 170 175 180 185 190 195 200 205 210 215 220 225 230 235 240 245 250 255 260 265 270 275 280 285 290 295 300 305 310 315 320 325 330 335 340 345 350 355 360 365 370 375 380 385 390 395 400 405 410 415 420 425 430 435 440 445 450 455 460 465 470 475 480 485 490 495 500 505 510 515 520 525 530 535 540 545 550 555 560 565 570 575 580 585 590 595 600 605 610 615 620 625 630 635 640 645 650 655 660 665 670 675 680 685 690 695 700 705 710 715 720 725 730 735 740 745 750 755 760 765 770 775 780 785 790 795 800 805 810 815 820 825 830 835 840 845 850 855 860 865 870 875 880 885 890 895 900 905 910 915 920 925 930 935 940 945 950 955 960 965 970 975 980 985 990 995 1000 1005 1010 1015 1020 1025 1030 1035 1040 1045 1050 1055 1060 1065 1070 1075 1080 1085 1090 1095 1100 1105 1110 1115 1120 1125 1130 1135 1140 1145 1150 1155 1160 1165 1170 1175 1180 1185 1190 1195 1200 1205 1210 1215 1220 1225 1230 1235 1240 1245 1250 1255 1260 1265 1270 1275 1280 1285 1290 1295 1300 1305 1310 1315 1320 1325 1330 1335 1340 1345 1350 1355 1360 1365 1370 1375 1380 1385 1390 1395 1400 1405 1410 1415 1420 1425 1430 1435 1440 1445 1450 1455 1460 1465 1470 1475 1480 1485 1490 1495 1500 1505 1510 1515 1520 1525 1530 1535 1540 1545 1550 1555 1560 1565 1570 1575 1580 1585 1590 1595 1600 1605 1610 1615 1620 1625 1630 1635 1640 1645 1650 1655 1660 1665 1670 1675 1680 1685 1690 1695 1700 1705 1710 1715 1720 1725 1730 1735 1740 1745 1750 1755 1760 1765 1770 1775 1780 1785 1790 1795 1800 1805 1810 1815 1820 1825 1830 1835 1840 1845 1850 1855 1860 1865 1870 1875 1880 1885 1890 1895 1900 1905 1910 1915 1920 1925 1930 1935 1940 1945 1950 1955 1960 1965 1970 1975 1980 1985 1990 1995 2000 2005 2010 2015 2020 2025 2030 2035 2040 2045 2050 2055 2060 2065 2070 2075 2080 2085 2090 2095 2100 2105 2110 2115 2120 2125 2130 2135 2140 2145 2150 2155 2160 2165 2170 2175 2180 2185 2190 2195 2200 2205 2210 2215 2220 2225 2230 2235 2240 2245 2250 2255 2260 2265 2270 2275 2280 2285 2290 2295 2300 2305 2310 2315 2320 2325 2330 2335 2340 2345 2350 2355 2360 2365 2370 2375 2380 2385 2390 2395 2400 2405 2410 2415 2420 2425 2430 2435 2440 2445 2450 2455 2460 2465 2470 2475 2480 2485 2490 2495 2500 2505 2510 2515 2520 2525 2530 2535 2540 2545 2550 2555 2560 2565 2570 2575 2580 2585 2590 2595 2600 2605 2610 2615 2620 2625 2630 2635 2640 2645 2650 2655 2660 2665 2670 2675 2680 2685 2690 2695 2700 2705 2710 2715 2720 2725 2730 2735 2740 2745 2750 2755 2760 2765 2770 2775 2780 2785 2790 2795 2800 2805 2810 2815 2820 2825 2830 2835 2840 2845 2850 2855 2860 2865 2870 2875 2880 2885 2890 2895 2900 2905 2910 2915 2920 2925 2930 2935 2940 2945 2950 2955 2960 2965 2970 2975 2980 2985 2990 2995 3000 3005 3010 3015 3020 3025 3030 3035 3040 3045 3050 3055 3060 3065 3070 3075 3080 3085 3090 3095 3100 3105 3110 3115 3120 3125 3130 3135 3140 3145 3150 3155 3160 3165 3170 3175 3180 3185 3190 3195 3200 3205 3210 3215 3220 3225 3230 3235 3240 3245 3250 3255 3260 3265 3270 3275 3280 3285 3290 3295 3300 3305 3310 3315 3320 3325 3330 3335 3340 3345 3350 3355 3360 3365 3370 3375 3380 3385 3390 3395 3400 3405 3410 3415 3420 3425 3430 3435 3440 3445 3450 3455 3460 3465 3470 3475 3480 3485 3490 3495 3500 3505 3510 3515 3520 3525 3530 3535 3540 3545 3550 3555 3560 3565 3570 3575 3580 3585 3590 3595 3600 3605 3610 3615 3620 3625 3630 3635 3640 3645 3650 3655 3660 3665 3670 3675 3680 3685 3690 3695 3700 3705 3710 3715 3720 3725 3730 3735 3740 3745 3750 3755 3760 3765 3770 3775 3780 3785 3790 3795 3800 3805 3810 3815 3820 3825 3830 3835 3840 3845 3850 3855 3860 3865 3870 3875 3880 3885 3890 3895 3900 3905 3910 3915 3920 3925 3930 3935 3940 3945 3950 3955 3960 3965 3970 3975 3980 3985 3990 3995 4000 4005 4010 4015 4020 4025 4030 4035 4040 4045 4050 4055 4060 4065 4070 4075 4080 4085 4090 4095 4100 4105 4110 4115 4120 4125 4130 4135 4140 4145 4150 4155 4160 4165 4170 4175 4180 4185 4190 4195 4200 4205 4210 4215 4220 4225 4230 4235 4240 4245 4250 4255 4260 4265 4270 4275 4280 4285 4290 4295 4300 4305 4310 4315 4320 4325 4330 4335 4340 4345 4350 4355 4360 4365 4370 4375 4380 4385 4390 4395 4400 4405 4410 4415 4420 4425 4430 4435 4440 4445 4450 4455 4460 4465 4470 4475 4480 4485 4490 4495 4500 4505 4510 4515 4520 4525 4530 4535 4540 4545 4550 4555 4560 4565 4570 4575 4580 4585 4590 4595 4600 4605 4610 4615 4620 4625 4630 4635 4640 4645 4650 4655 4660 4665 4670 4675 4680 4685 4690 4695 4700 4705 4710 4715 4720 4725 4730 4735 4740 4745 4750 4755 4760 4765 4770 4775 4780 4785 4790 4795 4800 4805 4810 4815 4820 4825 4830 4835 4840 4845 4850 4855 4860 4865 4870 4875 4880 4885 4890 4895 4900 4905 4910 4915 4920 4925 4930 4935 4940 4945 4950 4955 4960 4965 4970 4975 4980 4985 4990 4995 5000 5005 5010 5015 5020 5025 5030 5035 5040 5045 5050 5055 5060 5065 5070 5075 5080 5085 5090 5095 5100 5105 5110 5115 5120 5125 5130 5135 5140 5145 5150 5155 5160 5165 5170 5175 5180 5185 5190 5195 5200 5205 5210 5215 5220 5225 5230 5235 5240 5245 5250 5255 5260 5265 5270 5275 5280 5285 5290 5295 5300 5305 5310 5315 5320 5325 5330 5335 5340 5345 5350 5355 5360 5365 5370 5375 5380 5385 5390 5395 5400 5405 5410 5415 5420 5425 5430 5435 5440 5445 5450 5455 5460 5465 5470 5475 5480 5485 5490 5495 5500 5505 5510 5515 5520 5525 5530 5535 5540 5545 5550 5555 5560 5565 5570 5575 5580 5585 5590 5595 5600 5605 5610 5615 5620 5625 5630 5635 5640 5645 5650 5655 5660 5665 5670 5675 5680 5685 5690 5695 5700 5705 5710 5715 5720 5725 5730 5735 5740 5745 5750 5755 5760 5765 5770 5775 5780 5785 5790 5795 5800 5805 5810 5815 5820 5825 5830 5835 5840 5845 5850 5855 5860 5865 5870 5875 5880 5885 5890 5895 5900 5905 5910 5915 5920 5925 5930 5935 5940 5945 5950 5955 5960 5965 5970 5975 5980 5985 5990 5995 6000 6005 6010 6015 6020 6025 6030 6035 6040 6045 6050 6055 6060 6065 6070 6075 6080 6085 6090 6095 6100 6105 6110 6115 6120 6125 6130 6135 6140 6145 6150 6155 6160 6165 6170 6175 6180 6185 6190 6195 6200 6205 6210 6215 6220 6225 6230 6235 6240 6245 6250 6255 6260 6265 6270 6275 6280 6285 6290 6295 6300 6305 6310 6315 6320 6325 6330 6335 6340 6345 6350 6355 6360 6365 6370 6375 6380 6385 6390 6395 6400 6405 6410 6415 6420 6425 6430 6435 6440 6445 6450 6455 6460 6465 6470 6475 6480 6485 6490 6495 6500 6505 6510 6515 6520 6525 6530 6535 6540 6545 6550 6555 6560 6565 6570 6575 6580 6585 6590 6595 6600 6605 6610 6615 6620 6625 6630 6635 6640 6645 6650 6655 6660 6665 6670 6675 6680 6685 6690 6695 6700 6705 6710 6715 6720 6725 6730 6735 6740 6745 6750 6755 6760 6765 6770 6775 6780 6785 6790 6795 6800 6805 6810 6815 6820 6825 6830 6835 6840 6845 6850 6855 6860 6865 6870 6875 6880 6885 6890 6895 6900 6905 6910 6915 6920 6925 6930 6935 6940 6945 6950 6955 6960 6965 6970 6975 6980 6985 6990 6995 7000 7005 7010 7015 7020 7025 7030 7035 7040 7045 7050 7055 7060 7065 7070 7075 7080 7085 7090 7095 7100 7105 7110 7115 7120 7125 7130 7135 7140 7145 7150 7155 7160 7165 7170 7175 7180 7185 7190 7195 7200 7205 7210 7215 7220 7225 7230 7235 7240 7245 7250 7255 7260 7265 7270 7275 7280 7285 7290 7295 7300 7305 7310 7315 7320 7325 7330 7335 7340 7345 7350 7355 7360 7365 7370 7375 7380 7385 7390 7395 7400 7405 7410 7415 7420 7425 7430 7435 7440 7445 7450 7455 7460 7465 7470 7475 7480 7485 7490 7495 7500 7505 7510 7515 7520 7525 7530 7535 7540 7545 7550 7555 7560 7565 7570 7575 7580 7585 7590 7595 7600 7605 7610 7615 7620 7625 7630 7635 7640 7645 7650 7655 7660 7665 7670 7675 7680 7685 7690 7695 7700 7705 7710 7715 7720 7725 7730 7735 7740 7745 7750 7755 7760 7765 7770 7775 7780 7785 7790 7795 7800 7805 7810 7815 7820 7825 7830 7835 7840 7845 7850 7855 7860 7865 7870 7875 7880 7885 7890 7895 7900 7905 7910 7915 7920 7925 7930 7935 7940 7945 7950 7955 7960 7965 7970 7975 7980 7985 7990 7995 8000 8005 8010 8015 8020 8025 8030 8035 8040 8045 8050 8055 8060 8065 8070 8075 8080 8085 8090 8095 8100 8105 8110 8115 8120 8125 8130 8135 8140 8145 8150 8155 8160 8165 8170 8175 8180 8185 8190 8195 8200 8205 8210 8215 8220 8225 8230 8235 8240 8245 8250 8255 8260 8265 8270 8275 8280 8285 8290 8295 8300 8305 8310 8315 8320 8325 8330 8335 8340 8345 8350 8355 8360 8365 8370 8375 8380 8385 8390 8395 8400 8405 8410 8415 8420 8425 8430 8435 8440 8445 8450 8455 8460 8465 8470 8475 8480 8485 8490 8495 8500 8505 8510 8515 8520 8525 8530 8535 8540 8545 8550 8555 8560 8565 8570 8575 8580 8585 8590 8595 8600 8605 8610 8615 8620 8625 8630 8635 8640 8645 8650 8655 8660 8665 8670 8675 8680 8685 8690 8695 8700 8705 8710 8715 8720 8725 8730 8735 8740 8745 8750 8755 8760 8765 8770 8775 8780 8785 8790 8795 8800 8805 8810 8815 8820 8825 8830 8835 8840 8845 8850 8855 8860 8865 8870 8875 8880 8885 8890 8895 8900 8905 8910 8915 8920 8925 8930 8935 8940 8945 8950 8955 8960 8965 8970 8975 8980 8985 8990 8995 9000 9005 9010 9015 9020 9025 9030 9035 9040 9045 9050 9055 9060 9065 9070 9075 9080 9085 9090 9095 9100 9105 9110 9115 9120 9125 9130 9135 9140 9145 9150 9155 9160 9165 9170 9175 9180 9185 9190 9195 9200 9205 9210 9215 9220 9225 9230 9235 9240 9245 9250 9255 9260 9265 9270 9275 9280 9285 9290 9295 9300 9305 9310 9315 9320 9325 9330 9335 9340 9345 9350 9355 9360 9365 9370 9375 9380 9385 9390 9395 9400 9405 9410 9415 9420 9425 9430 9435 9440 9445 9450 9455 9460 9465 9470 9475 9480 9485 9490 9495 9500 9505 9510 9515 9520 9525 9530 9535 9540 9545 9550 9555 9560 9565 9570 9575 9580 9585 9590 9595 9600 9605 9610 9615 9620 9625 9630 9635 9640 9645 9650 9655 9660 9665 9670 9675 9680 9685 9690 9695 9700 9705 9710 9715 9720 9725 9730 9735 9740 9745 9750 9755 9760 9765 9770 9775 9780 9785 9790 9795 9800 9805 9810 9815 9820 9825 9830 9835 9840 9845 9850 9855 9860 9865 9870 9875 9880 9885 9890 9895 9900 9905 9910 9915 9920 9925 9930 9935 9940 9945 9950 9955 9960 9965 9970 9975 9980 9985 9990 9995 10000 10005 10010 10015 10020 10025 10030 10035 10040 10045 10050 10055 10060 10065 10070 10075 10080 10085 10090 10095 10100 10105 10110 10115 10120 10125 10130 10135 10140 10145 10150 10155 10160 10165 10170 10175 10180 10185 10190 10195 10200 10205 10210 10215 10220 10225 10230 10235 10240 10245 10250 10255 10260 10265 10270 10275 10280 10285 10290 10295 10300 10305 10310 10315 10320 10325 10330 10335 10340 10345 10350 10355 10360 10365 10370 10375 10380 10385 10390 10395 10400 10405 10410 10415 10420 10425 10430 10435 10440 10445 10450 10455 10460 10465 10470 10475 10480 10485 10490 10495 10500 10505 10510 10515 10520 10525 10530 10535 10540 10545 10550 10555 10560 10565 10570 10575 10580 10585 10590 10595 10600 10605 10610 10615 10620 10625 10630 10635 10640 10645 10650 10655 10660 10665 10670 10675 10680 10685 10690 10695 10700 10705 10710 10715 10720 10725 10730 10735 10740 10745 10750 10755 10760 10765 10770 10775 10780 10785 10790 10795 10800 10805 10810 10815 10820 10825 10830 10835 10840 10845 10850 10855 10860 10865 10870 10875 10880 10885 10890 10895 10900 10905 10910 10915 10920 10925 10930

optische Sensor in einem Abstand von dem abgetasteten Teil angeordnet ist, welcher größer ist als die maximal auftretende Verschiebung des abgetasteten Teiles in Richtung zum Sensor und/oder in einem Kollision verhindernden Abstand justierbar gehalten ist. Die Verwendung einer justierbaren Halterung zur Aufrechterhaltung eines definierten Abstands kann hierbei einen Servomotor umfassen, wobei die Stellsignale des Stellmotors für die Ermittlung der akustischen Schwingungen herangezogen werden, und die Stellbewegungen selbst wiederum vom optischen Sensor getriggert sind.

In besonders einfacher Weise gelingt die optische Abtastung dadurch, daß der optische Sensor mit wenigstens einer Licht- oder Laserdiode zusammenwirkt und die reflektierten Signale über 15 Fasern von Wellen-, insbesondere Lichtwellenleitern wenigstens einem optoelektronischen Koppelbauteil, beispielsweise einer Photodiode, einer elektronischen Auswerteschaltung zugeführt sind. Der im Mittelohr oder dem Epitympanon oder Attikraum zu implantierende Teil des Sensors beschränkt sich bei der der- 20 artigen Ausbildung auf das relativ kleine freie Ende des Lichtwellenleiters, über welchen die optischen Signale eingespeist und die reflektierten Signale abgenommen werden. Im Strahlengang können naturgemäß, je nach Orientierung und Aufbau der Einrich- 25 tigung, auch ein oder mehrere optische Systeme, wie beispielsweise Linsen, Strahlenteiler, Prismen, Spiegel oder dgl. angeordnet sein, um die Messung entsprechend zu präzisieren oder zu lokalisieren.

Die Auswerteschaltung muß in der Folge ein entsprechend verstärktes Signal für den Reiz des Gehörnervs zur Verfügung stellen, wobei hier mit Vorteil die Ausbildung so getroffen ist, daß die Auswerteschaltung Signale für elektromechanische Schwingungs erzeuger und/oder für die elektrische Stimulation des Cortischen Organs und/oder des Hörnervs und/oder des Hirnstammes 30 generiert und Anschlüsse für entsprechende Signalleitungen aufweist.

Um nun zu verhindern, daß das freie, vorzugsweise im Mittelohr, implantierbare Ende des optischen Sensors durch Trübungen Fehlmessungen oder Empfindlichkeitschwankungen unterworfen ist, wird mit Vorteil die Ausbildung so getroffen, daß die freien Enden des optischen Sensors mit einer das Zellwachstum hemmenden Beschichtung versehen sind.

Für die Unterdrückung von bei interferometrischer Auswertung und Überlagerung von niederfrequenten Verschiebungen zu beobachtenen "Fading"-Effekten ist es besonders vorteilhaft zusätzlich zur Auswertung der Amplitude und der Frequenz auch die relative Phasenlage der Schwingung des abgetasteten Teiles zu erfassen. Zu diesem Zweck kann mit Vorteil so vorgegangen werden, daß der Auswerteschaltung wenigstens zwei Signale zur Ermittlung der Phasenlage zugeführt sind, wobei die Ermittlung der Phasenlage in bekannter Weise je nach verwendetem Interferometertypus und gewählter Schaltungsanordnung der Auswerteschaltung eine entsprechende aktive oder passive Stabilisierung ermöglicht. Je nach Anordnung gilt für die optimale Empfindlichkeit des optischen Sensors ein durch einen definierten Abstand zur zu messenden Oberfläche vorgegebener Arbeitspunkt. Niederfrequente Verschiebungen der abzutastenden Teile können naturgemäß dazu führen, daß dieser optimale Arbeitspunkt verlassen wird oder sogar eine Phasenverschiebung bzw. Phasenumkehr auftritt. Diese unerwünschten Nebeneffekte, welche sich in einem "Fading" des ungemessenen Signals auswirken, können mit Vorteil dadurch ausgeschaltet werden, daß die Auswerteschaltung eine Stabilisatororschaltung zur Kompensation der Verschiebung des Arbeitspunktes des Interferometers durch niederfrequente Verschiebungen des abgetasteten Teiles enthält. Alternativ oder zusätzlich kann eine entsprechende Kompensation dadurch gewährleistet werden, daß zusätzlich ein Sensor für die Ermittlung des Abstandes des abzutastenden Teiles vom optischen Sensor vorgesehen ist. Die Stabilisierung interferometrischer Signale kann durch Vergleich mit einem Referenzsignal oder durch Messung einer Mehrzahl von Signalen in besonders einfacher Weise erfolgen, wobei in den Strahlengang polarisierende Strahlenteiler eingeschaltet werden.

können und die Signale unabhängig und von voneinander verschie-
denen Photodioden erfaßt werden können. Rückschlüsse auf die
korrekte Phasenlage lassen sich auch aus einer mathematischen
Analyse der Meßsignalform ableiten, wobei zu diesem Zweck Fre-
5 quenzvergleiche und insbesondere die Auswertung von Schwingungen
höherer Ordnung in der Stabilisatorschaltung herangezogen werden
kann.

10 Zur exakten Positionierung des Schallrezeptors ist die Ausbil-
dung in besonders einfacher Weise so getroffen, daß das freie
Ende des optischen Sensors in einem Lagerbock justierbar festge-
legt und/oder mit einem Justierantrieb verbunden ist, wodurch
eine exakte Orientierung und exakte Positionierung relativ zur
15 Oberfläche desjenigen Teiles sichergestellt werden kann, dessen
Schwingung gemessen werden soll.

Die tatsächliche Ausgestaltung des Interferometers bedingt
jeweils in der Folge bevorzugte Algorithmen für die Auswertung.
Interferometer können hierbei von beliebiger Bauweise, wie bei-
spielsweise als Michelson-, Fabry-Perot- oder Fizeauinterfero-
meter ausgebildet sein, wobei geeignete Stabilisierungsalgo-
rithmen beispielsweise im Artikel von K.P. Koo, A.B. Tveten, A.
Dandridge, "Passive stabilization scheme for fiber interfe-
20 rometers using (3x3) fiber directinal couplers", in
Appl.Phys.Lett., Vol. 41, No.7, pp. 616-618, 1982, G.Schmitt, W.
25 Wenzel, K. Dolde, "Integrated optical 3x3-coupler on LiNbO₃:
comparison between theory and experiment", Proc.SPIE, Vol.1141
5th European Conference on Integrated Optics: ECIO 89, pp.67-71.
1989, R. Fuest, N. Fabricius, U. Hollenbach, B. Wolf, "Inter-
30 ferometric displacement sensor realized with a planar 3x3 direc-
tional coupler in glass", Proc.SPIE, Vol.1794 Integrated Optical
Circuits II, pp. 352-365, 1992, L. Changchun, L. Fei, "Passive
Interferometric Optical Fiber Sensor Using 3x3 Directional Coup-
ler", Proc.SPIE, Vol.2895, pp. 565-571, 1995 beschrieben sind.
35 Weitere Vorschläge finden sich u.a. in A. Dandridge, A.B.
Tveten, T.G. Giallorenzi, "Homodyne Demodulation Scheme for
Fiber Optic Sensors Using Phase Generated Carrier", IEEE

J. Quantum Elec., Vol.QE-18, No.10, pp. 1647-1653, 1982, J.H. Cole, B.A. Danver and J.A. Bucaro, "Syntetic-Heterodyne Interferometric Demodulation", IEEE J. Quantum Elec., Vol.QE-18, No.4, pp. 694-697, 1982.

5

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines in der Zeichnung schematisch dargestellten Ausführungsbeispiels näher erläutert. In dieser zeigen Fig. 1 einen Querschnitt durch das menschliche Ohr, in welchem die Anordnung des Sensors im Mittelohrbereich 10 oder im Attik dargestellt wird, Fig. 2 ein Blockschaltbild für eine totalimplantierbare Hörhilfe und Fig. 3 eine schematisch dargestellte Halterung für den Wellenleiter bzw. für den von einer starren Hülse ummantelten Wellenleiter in der Mastoidhöhle.

15

In Fig. 1 ist die Ohrmuschel eines Ohres mit 1 bezeichnet. Schallschwingungen gelangen in der Folge an die mit 2 bezeichnete Membran, nämlich das Trommelfell, mit welcher die Gehörknöchelchen zusammenwirken. Die Gehörknöchelchen werden hierbei gemeinsam mit dem Bezugssymbol 3 bezeichnet.

Die Gehörknöchelchen befinden sich im Bereich des Mittelohres. Die Cochlea ist mit 4 bezeichnet.

25

Der berührungslose Sensor für die Abtastung der Schwingungen vom Gehörknöchelchen 3 ist in der Mastoidhöhle implantiert und ragt mit seiner Spitze in den Attikraum bzw. über den aufgebohrten Chorda-Facialis-Winkel in das Mittelohr. Er weist ein freies Ende 5 auf, das in einer stabilen Hülse (Ummantelung) steckt, die in einem Lagerbock 6 orientierbar gehalten ist. Der Lagerbock 6 kann hierbei in der Mastoidhöhle oder dem umgebenden Schädelknochen festgelegt sein, wobei das freie Ende des optischen Sensor im wesentlichen aus dem freien Ende eines Lichtleiters bzw. Wellenleiters 7 besteht. Die Spitze enthält vorteilhaftweise ein optisches System, beispielsweise Linsen, Strahlenleiter, Prismen, Spiegel oder dgl. oder eine Biegung der Faserspitze zur Umlenkung des optischen Strahlenganges um die

Registrierung aus der optimalen Richtung zu ermöglichen. Der Lichtwellenleiter 7 ist an eine optoelektronische Auswerteschaltung 8 angeschlossen, in welcher ein Interferometer 9 angeordnet ist. Die optoelektronische Auswerteschaltung 8 kann in ihrem Gehäuse zusätzlich eine Energieversorgung in Form einer Batterie enthalten, wobei die Schaltungsanordnung entsprechende Input-Output-Schaltungen enthält, zur Signalverarbeitung, Störschallunterdrückung, akustischen Begrenzung etc. entsprechend einer Hörgeräteelektronik beinhaltet oder diese für den Aktor erforderlichen Schaltungen in einem eigenen implantierbaren Teil, der mit einem elektrischen Kabel gekoppelt ist, untergebracht sind. Davon werden die elektrischen Signale über die Leitungen 10 zur Cochlea 4 übertragen werden können. Bei entsprechend kleiner Dimensionierung der optoelektronischen Auswerteschaltung 8 kann auch diese optoelektronische Auswerteschaltung zur Gänze implantiert werden. Für die Art der Abtastung der Schwingungen ist die Art der Weiterleitung der ausgewerteten Signale an das Innenohr bzw. den Hörnerv von untergeordneter Bedeutung. Der Aktor kann einer sein, der Gehörknöchelchen oder die Perilymphe direkt in akustische Schwingungen versetzt oder ein Cochlear-implantat, das den Hörnerv elektrisch reizt oder ein Hirnstamm-implantat, das den Hirnstamm direkt elektrisch reizt.

Ein Blockschaltbild der in diesem Zusammenhang gewählten Schaltungsanordnung ist in Fig. 2 zu ersehen. Die Haut, welche das Implantat abdeckt ist schematisch mit 11 angedeutet, wobei subkutan im Bereich des Mittelohres, der Mastoidhöhle oder auf dem Schädelknochen die Auswerteschaltung und gegebenenfalls die Energieversorgung untergebracht ist. Die Batterie ist hierbei schematisch mit 12, der optische Sensor und das Interferometer mit 13, die Auswerteelektronik mit 14 und der Betätigungsbauteil, über welchen die Signale nach Bearbeitung in der Hörgeräteelektronik an einen elektromechanischen Verstärker der Perilymphschwingungen bzw. an ein Cochlearimplantat oder ein Hirnstammimplantat (mit 15 bezeichnet) gelangen. Die Energieversorgung durch die Batterie 12 kann hierbei bevorzugt durch eine wiederaufladbare Batterie erfolgen, wofür zusätzliche Eingänge

für eine Induktionsspule 17 vorgesehen sind, über welche mit einer externen Lade- bzw. Kontrolleinheit 18 das Wiederaufladen der Batterie und gegebenenfalls die Programmierung der Elektronik ermöglicht wird. Die Übertragung kann hierbei kontaktlos 5 über eine mit der subkutanen Induktionsspule 17 koppelbare Induktionsspule 19 der Kontroll- und Ladeeinheit 18 vorgenommen werden.

Bei der Darstellung nach Fig. 3 ist schematisch eine mögliche 10 Ausbildung des Lagerbockes 6 näher erläutert. Im Mastoidraum wird eine Basisplatte 20 festgelegt, an welcher ein verschiebbarer Schlitten 21 gelagert ist. Der verschiebbare Schlitten 21 trägt einen Kugelzapfen 22, an welchem eine Klemme mit Backen 23 und 24 mittels einer Spannschraube 25 orientierbar festgelegt 15 ist. Die Backen 23 und 24 weisen hierbei ballige Lagerflächen auf, welche am Umfang der Kugel 26 des Kugelzapfens 22 schwenkbar orientierbar sind, sodaß eine exakte Justierung in verschiedenen Raumkoordinaten ermöglicht wird.

20 Durch die Backen 23 und 24 wird ein Lichtwellenleiter 27 in definierte Lage gebracht, dessen freies Ende 28 so orientiert ist, daß es die reflektierte Strahlung von einem vibrierenden Teil des Innenohres aufnehmen kann. Im freien Ende 28 des Lichtwellenleiters 27 können hierbei optische Systeme, Prismen, Spiegel oder dgl. zur Umlenkung des Strahlenganges untergebracht 25 werden, sofern dies gewünscht ist. Die Signale gelangen über den Lichtwellenleiter 27 zur optoelektronischen Auswerteschaltung, welche das Interferometer enthält.

30 Die Anordnung eines derartigen, zur Justierung des freien Endes 28 eines Lichtwellenleiters geeigneten Bauteiles, kann im relativ großen Mastoidhohlraum einfach erfolgen. Die Feinjustierung dient hierbei der Erzielung des gewünschten Abstandes und der gewünschten Orientierung zur Oberfläche des zu messenden vibrierenden Teiles des Mittelohres. Prinzipiell kann aber bei entsprechender Orientierung und entsprechend höherer Strahlungsleistung auch ein größerer Abstand für die Abtastung heran-gezogen 35

werden, wobei auch der optische Aufwand erhöht werden kann. Es kann auch beispielsweise aus dem Mastoidhohlraum direkt in den Attik gemessen werden und die Abtastung beispielsweise am Ambosskopf erfolgen. Bedingt durch die Art der Schwingungsübertragung muß allerdings hier berücksichtigt werden, daß die einzelnen Gehörknöchelchen bezogen auf die Schwingung des Trommelfelles teilweise mit zueinander entgegengesetzter Phase schwingen. Die Abtastung an Stellen mit geringerer quasistatischer Verschiebung hat den Vorteil, daß das Ausmaß einer linearen Verschiebung durch Druckunterschiede im Vergleich zum Meßabstand wesentlich geringer wird, sodaß der Aufwand für die Stabilisation der Phasenlage und für das Eliminieren des "Fading"-Effektes verringert werden kann.

Patentansprüche:

1. Implantierbarer Schallrezeptor für Hörhilfen, dadurch gekennzeichnet, daß der Schallsensor als optischer Sensor für Vibrations- bzw. Abstandsmessungen ausgebildet ist und in Abstand von 5 der Oberfläche eines zu akustischen Schwingungen anregbaren Teiles der Schallübertragung im Ohr angeordnet ist.
2. Implantierbarer Schallrezeptor nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Sensor mit wenigstens einer 10 Licht- bzw. Laserdiode zusammenwirkt und die reflektierten Signale über Fasern von Wellen-, insbesondere Lichtwellenleitern (7), wenigstens einem optoelektronischen Koppelbauteil, beispielsweise einer Photodiode, einer elektronischen Auswertschaltung zugeführt sind. 15
3. Implantierbarer Schallrezeptor nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Sensor in einem Abstand von dem abgetasteten Teil angeordnet ist, welcher größer ist als 20 die maximal auftretende Verschiebung des abgetasteten Teiles in Richtung zum Sensor und/oder in einem eine Kollision verhindern- den Abstand justierbar gehalten ist.
4. Implantierbarer Schallrezeptor nach einem der Ansprüche 1 bis 25 3, dadurch gekennzeichnet, daß der optische Sensor mit einem Interferometer (9) zur Auswertung der Amplitude, der Frequenz und/oder der relativen Phasenlage der Schwingung des abgetasteten Teiles verbunden ist.
- 30 5. Implantierbarer Schallrezeptor nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung (8) Signale für elektromechanische Schwingungserzeuger und/oder für die Stimulation des Cortischen Organs und/oder des Hörnervs und/oder 35 des Hirnstamms generiert und Anschlüsse für entsprechende Signalleitungen (10) aufweist.

6. Implantierbarer Schallrezeptor nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß der Auswerteschaltung (8) wenigstens zwei Signale zur Ermittlung der Schwingungsparameter des abgetasteten Teiles zugeführt sind.

5

7. Implantierbarer Schallrezeptor nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die freien Enden (5) des optischen Sensors mit einer das Zellwachstum hemmenden Beschichtung versehen sind.

10

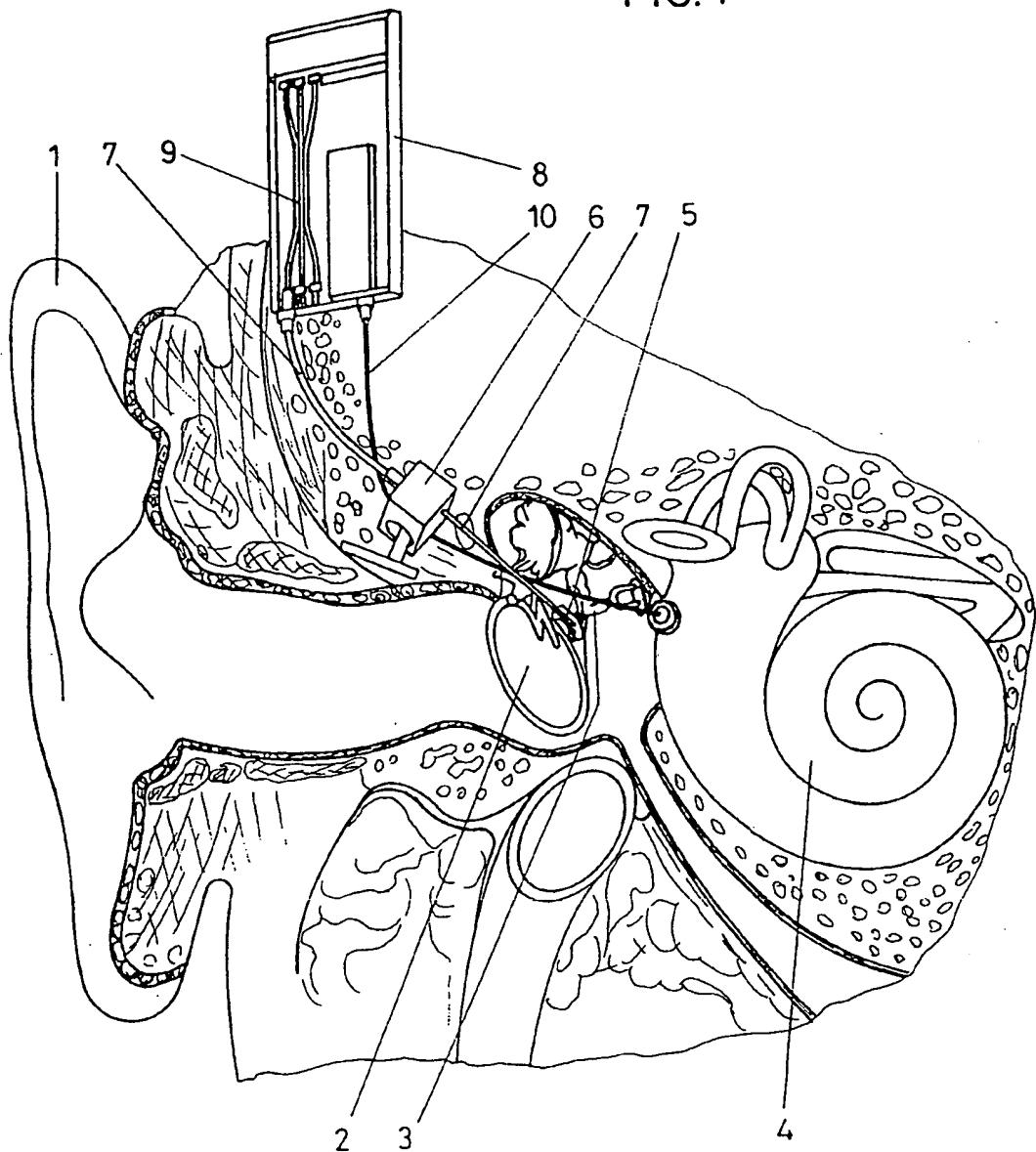
8. Implantierbarer Schallrezeptor nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das freie Ende (5) des optischen Sensors in einem Lagerbock (6) justierbar festgelegt ist und/oder mit einem Justierantrieb verbunden ist.

15

9. Implantierbarer Schallrezeptor nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteschaltung (8) eine Stabilisatororschaltung zur Kompensation der Verschiebung des Arbeitspunktes des Interferometers (9) durch niederfrequente Verschiebungen des abgetasteten Teiles enthält.

20

FIG. 1



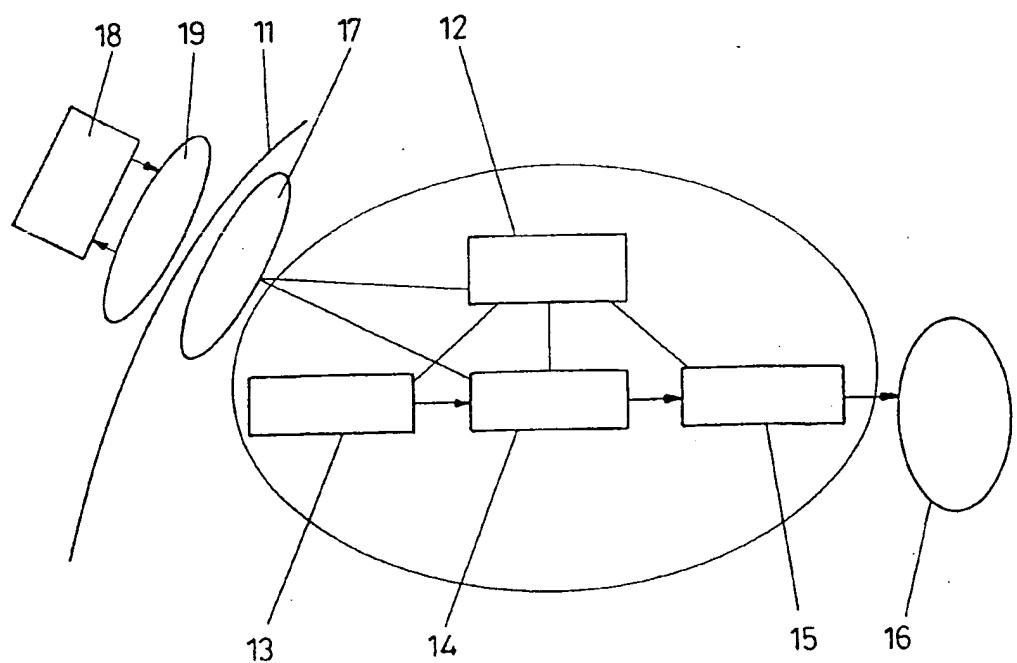


FIG. 2

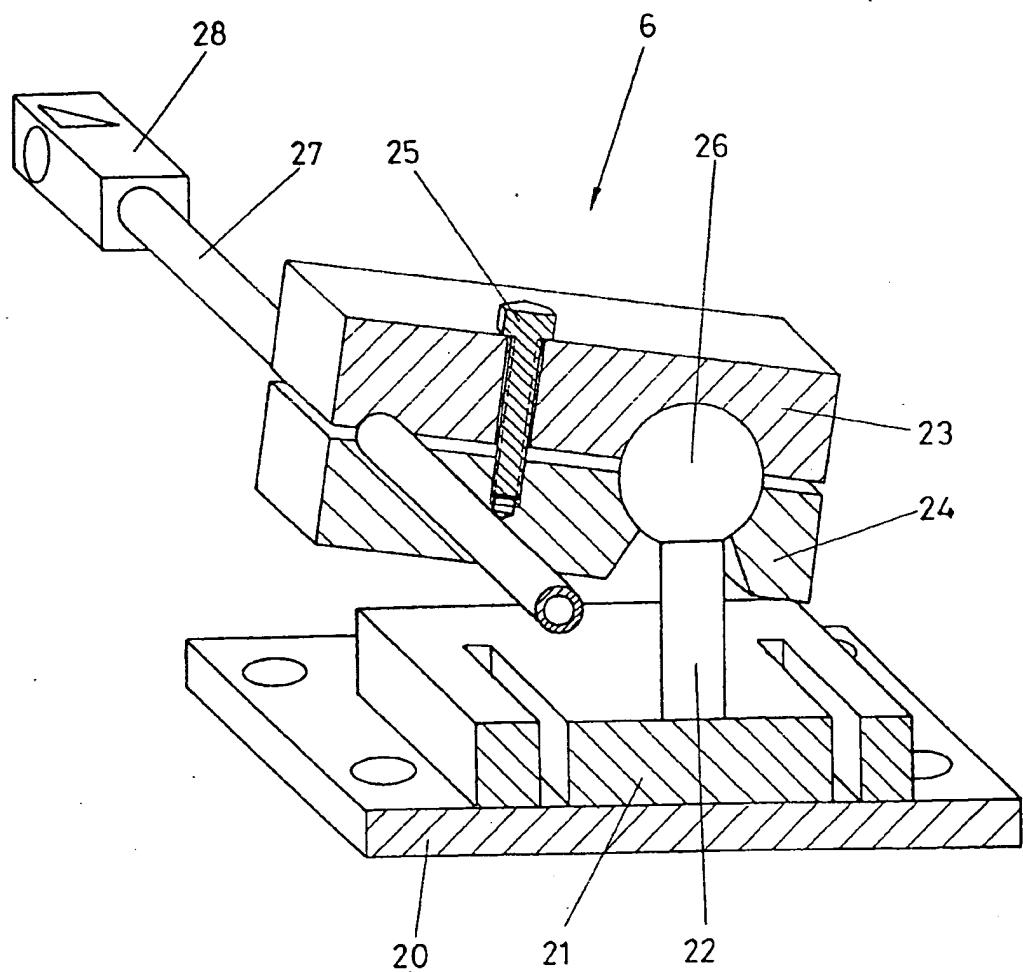


FIG. 3